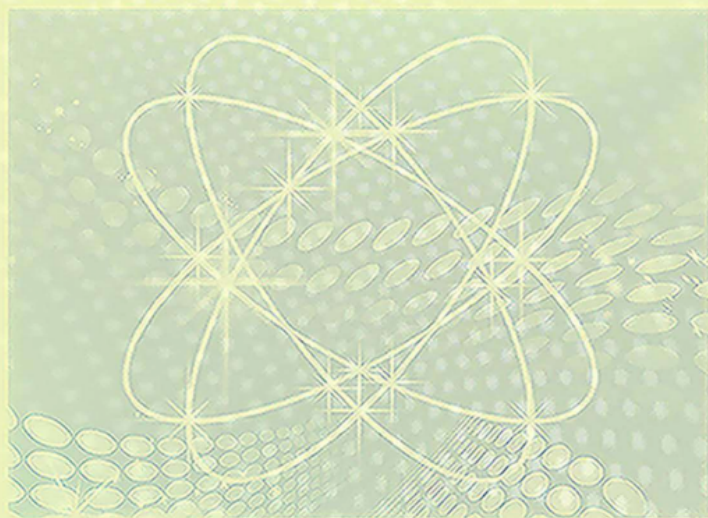


医用化学基础

张彩霞 张勇 主编



人民军医出版社

全国中等卫生职业教育规划教材
供中等卫生职业教育各专业使用

医用化学基础

YIYONG HUAXUE JICHU

主 编 张彩霞 张 勇

副主编 刘 蕖 呼俊森 张宗霞

编 者 (以姓氏笔画为序)

丁宏伟 安徽省淮南卫生学校

方迎春 皖北卫生职业学院

刘 蕖 重庆市医药卫生学校

吴晓辉 南昌市卫生学校

张 勇 皖北卫生职业学院

张宗霞 威海市卫生学校

张彩霞 许昌学院医学院

尚 杰 周口职业技术学院

呼俊森 衡水卫生学校

郑学锋 许昌学院医学院



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

北 京

图书在版编目(CIP)数据

医用化学基础/张彩霞,张勇主编. —北京:人民军医出版社,2015. 5

全国中等卫生职业教育规划教材

ISBN 978-7-5091-8077-8

I. ①医… II. ①张… ②张… III. ①医用化学—中等专业学校—教材 IV. ①R313

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 067277 号

策划编辑:徐卓立 郝文娜 文字编辑:汪东军 陈 娟 责任审读:王三荣

出版发行:人民军医出版社 经销:新华书店

通信地址:北京市 100036 信箱 188 分箱 邮编:100036

质量反馈电话:(010)51927290;(010)51927283

邮购电话:(010)51927252

策划编辑电话:(010)51927300—8743

网址:[www. pmmp. com. cn](http://www.pmmp.com.cn)

印刷:北京天宇星印刷厂 装订:三河市京兰印务有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:11.25·彩页 1 面 字数:261 千字

版、印次:2015 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

印数:0001—6000

定价:25.00 元

版权所有 侵权必究

购买本社图书,凡有缺、倒、脱页者,本社负责调换

前 言

本教材依据教育部、卫生部颁发的中等职业教育医药卫生类护理、助产、康复技术等专业教学计划和教学大纲的要求,结合我国城乡卫生事业发展对中等卫生专业人才的需求特点编写而成。内容强调准确定位、科学严谨,坚持“必需为准、够用为度”“就业为导向、能力为本位”,注重培养学生分析和解决问题的能力,同时兼顾教材的实用性和可读性,体现中职教材的鲜明特色。

化学是医学的基础课,本教材根据教学大纲,针对培养目标进行编写。本教材的编写内容有所侧重,重点介绍与生物化学、药理学等相关医学学科的有关知识,为进一步学习医学专业课打下基础。全书分理论教程和实验指导两部分,各章标有学习要点、重点提示,章节后面附有讨论与思考题及习题,为了方便教学还配有相关网络资料和数字化辅助教学资料,内含教学大纲、PPT 软件、知识点、各类练习题等,可供老师备课和学生课后练习消化知识。

在本书的编写过程中,我们参考了本科、专科有关教材和相关书籍,并得到了许昌学院医学院(原许昌卫生学校)、皖北卫生职业学院、重庆市医药卫生学校、威海市卫生学校、衡水卫生学校、周口职业技术学院、淮南卫生学校、南昌市卫生学校等的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中存在的缺点和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2015 年 4 月

目 录

第 1 章 绪论.....	(1)	二、摩尔质量.....	(28)
一、化学的概念	(1)	三、有关物质的量的计算.....	(29)
二、化学——医学发展的基础	(1)	四、气体摩尔体积.....	(30)
三、医用化学的学习方法	(2)	第二节 溶液的浓度	(30)
第 2 章 物质结构和元素周期律.....	(4)	一、溶液浓度的表示方法和计算	(30)
第一节 原子的组成和同位素.....	(4)		(30)
一、原子的组成	(4)	二、溶液浓度的换算.....	(34)
二、同位素及应用	(6)	三、溶液的配制和稀释.....	(34)
三、原子核外电子排布的表示法	(7)	第三节 溶液的渗透压	(36)
四、原子结构与元素性质的关系	(7)	一、渗透现象和渗透压.....	(36)
第二节 元素周期律和元素周期表	(8)	二、渗透压与溶液浓度的关系.....	(37)
一、元素周期律	(8)	三、渗透压在医学上的意义.....	(38)
二、元素周期表	(9)	四、晶体渗透压与胶体渗透压.....	(39)
三、微量元素与人体健康.....	(13)	第 4 章 电解质溶液	(42)
第三节 化学键	(14)	第一节 弱电解质的电离平衡	(42)
一、离子键.....	(14)	一、强电解质和弱电解质.....	(42)
二、共价键.....	(15)	二、弱电解质的电离平衡.....	(43)
三、分子间作用力和氢键.....	(17)	第二节 水的电离和溶液的 pH	(45)
第四节 配位化合物	(17)		(45)
一、配位化合物的概念.....	(17)	一、水的电离	(45)
二、配位化合物的组成.....	(18)	二、溶液的酸碱性和 pH	(45)
三、配离子和配合物的命名.....	(19)	第三节 离子反应	(47)
四、配合物的应用	(20)	一、离子反应和离子方程式.....	(47)
第五节 氧化还原反应	(20)	二、离子反应发生的条件.....	(48)
一、氧化还原反应.....	(20)	第四节 盐的水解	(48)
二、常用的氧化剂和还原剂	(23)	一、盐水解特性.....	(48)
第 3 章 溶液	(27)	二、盐水解的主要类型.....	(49)
第一节 物质的量	(27)	三、盐类水解在医学上的应用.....	(50)
一、物质的量及其单位.....	(27)	第五节 缓冲溶液	(50)
		一、缓冲作用和缓冲溶液.....	(50)
		二、缓冲溶液的类型和组成.....	(51)
		三、缓冲溶液在医学上的意义.....	(51)

第 5 章 有机化合物的概述	(54)	第三节 常见的醛和酮	(92)
一、有机化合物的概念	(54)	一、甲醛	(92)
二、有机化合物的特性	(54)	二、乙醛	(92)
三、有机化合物的结构	(55)	三、苯甲醛	(92)
四、有机化合物的分类	(56)	四、丙酮	(92)
第 6 章 烃	(60)	第 9 章 羧酸及取代羧酸	(95)
第一节 烷烃	(60)	第一节 羧酸	(95)
一、烷烃的分子结构和通式	(60)	一、羧酸的结构、分类和命名	(95)
二、烷烃的同分异构	(61)	二、羧酸的性质	(96)
三、烷烃的命名	(62)	三、医药中常见的羧酸	(98)
四、烷烃的性质	(64)	第二节 取代羧酸	(99)
五、医药上常用的烷烃	(65)	一、羟基酸	(99)
第二节 烯烃和炔烃	(66)	二、酮酸	(100)
一、烯烃和炔烃的结构	(66)	三、重要的羟基酸和酮酸	(101)
二、烯烃和炔烃的命名	(66)	第 10 章 胺和酰胺	(106)
三、烯烃和炔烃的同分异构	(67)	第一节 胺和季铵盐	(106)
四、烯烃和炔烃的性质	(68)	一、胺和季铵盐的结构、分类和命名	(106)
第三节 闭链烃	(70)	二、胺和季铵盐的性质	(107)
一、脂环烃	(70)	三、重要的胺及其衍生物	(109)
二、芳香烃	(71)	第二节 酰胺	(109)
第 7 章 醇、酚和醚	(79)	一、酰胺的结构与命名	(109)
第一节 醇	(79)	二、酰胺的化学性质	(110)
一、醇的结构和分类	(79)	三、医学上常见的酰胺	(110)
二、醇的命名	(80)	第 11 章 杂环化合物与生物碱	(113)
三、醇的性质	(81)	第一节 杂环化合物	(113)
四、常见的醇	(82)	一、杂环化合物的分类与命名	(113)
第二节 酚	(83)	二、杂环化合物及其衍生物	(114)
一、酚的结构、分类和命名	(83)	第二节 生物碱	(116)
二、酚的性质	(84)	一、生物碱的性质	(116)
三、重要的酚	(85)	二、常见的生物碱	(117)
第三节 醚	(85)	第 12 章 酯和脂类	(120)
一、醚的结构、命名	(85)	第一节 酯	(120)
二、重要的醚	(86)	一、酯的分类、结构和命名	(120)
第 8 章 醛和酮	(89)	二、酯的性质	(121)
第一节 醛和酮结构、分类和命名	(89)	第二节 油脂	(122)
第二节 醛和酮的性质	(90)	一、油脂的组成与结构	(122)
一、醛和酮的物理性质	(90)	二、油脂的性质	(123)
二、醛和酮的化学性质	(90)	三、油脂的乳化	(124)

第三节 类脂····· (124)	一、蛋白质的组成和结构 ····· (143)
一、磷脂 ····· (124)	二、蛋白质的性质 ····· (144)
二、甾族化合物 ····· (125)	实验部分····· (148)
三、医学中的甾族化合物 ····· (126)	一、化学实验室规则 ····· (148)
第 13 章 糖类 ····· (129)	二、常用化学仪器的使用及注意事项 ····· (149)
第一节 单糖····· (129)	三、化学试剂规格 ····· (152)
一、葡萄糖 ····· (129)	实验一 化学实验基本操作····· (152)
二、果糖 ····· (131)	实验二 溶液的配制与稀释····· (155)
三、核糖和 2-脱氧核糖 ····· (131)	实验三 烃的化学性质····· (157)
四、单糖的主要化学性质 ····· (132)	实验四 醇和酚的性质····· (158)
第二节 双糖和多糖····· (133)	实验五 醛和酮的性质····· (159)
一、常见的双糖 ····· (133)	实验六 羧酸和酯的性质····· (160)
二、常见的多糖 ····· (134)	实验七 糖类化合物的性质····· (161)
第 14 章 氨基酸和蛋白质 ····· (139)	实验八 蛋白质····· (162)
第一节 氨基酸····· (139)	《医用化学基础》数字化辅助教学资料 ····· (164)
一、氨基酸的结构、分类和命名 ····· (139)	彩图 元素周期表····· (167)
二、氨基酸的性质 ····· (141)	
第二节 蛋白质····· (143)	

第 1 章

绪 论

学习要点

1. 化学及其研究的对象
2. 医用化学基础的内容及其特点
3. 化学与医学的关系

一、化学的概念

自然界是由物质构成的,物质是人类生存和生活的基础。自然界中物质的种类繁多,存在形式也各不相同。化学就是研究物质的组成、结构、性质、变化规律及其应用的一门自然科学。化学研究的范围非常广泛,依据所研究手段、目的和任务的不同,化学又分为无机化学、有机化学、分析化学和生物化学等分支学科。

化学作为一门历史悠久而又充满活力的学科,处在不断地发展之中。从古至今,化学就在不断地发展和运用,如用铁、铜等金属的冶炼,烧制陶器,酒的酿造等都是早期的化学成就。煤、石油、天然气等化石燃料的开发、造纸术的发明和发展,为人类文明进步发挥了巨大作用。现代化学研究的成果之一——硅晶体半导体,是制造各种电子芯片的基础,推动了现代计算机科学的发展,成为信息化社会发展的基础。

化学在其发展的过程中,直接或间接地促进了相关学科的发展,并几乎与所有学科相互渗透,形成越来越多的交叉学科、边缘学科,如医用化学、农业化学、环境化学、地球化学、海洋化学、计算机化学等。在 20 世纪末,国际纯粹和应用化学联合会(IUPAC)提出:“化学是 21 世纪的中心学科”。化学与其他所有学科分担着生命、材料、能源和环境科学等一系列高技术的任务。

二、化学——医学发展的基础

化学的发展从来都是与医学的发展相互融合、相互伴随的。一方面,医学的发展促进化学不断研究新的工艺流程和研发新药;另一方面,化学的发展又为医学的发展提供了技术和物质支撑,新的药物和新的工艺促进了医学的进一步发展。



药物是人类预防、诊断、治疗疾病的重要武器,利用药物治疗疾病是化学对医学和人类的重大贡献之一。现代化学的发展,为药物的发展开辟了一个崭新的天地,依靠化学,可以研究药物的组成、结构,从本质上认识药物,进而在工厂里大规模地合成药物。当今,合成药物已达几千种,95%来自化学合成。没有化学就没有现代药物,就不会有现代医学。

1799年,英国化学家戴维(H. Davy)发现了一氧化二氮的麻醉作用,医药化学家后来又发现了更多更有效的麻醉药物,如乙醚、盐酸普鲁卡因等,使无痛外科手术成为可能。

1932年,德国科学家多马克(G. Domagk)发现了一种能有效治愈细菌性致命感染的偶氮磺胺药物,使一位患细菌性败血症的孩子得以康复,他因此获诺贝尔生理学和医学奖。此后,化学家先后研究出许多新型的磺胺药物,作为抗生素、抗病毒药物及抗肿瘤药物,使许多长期危害人类健康和生命的疾病得到控制。20世纪人类的平均寿命从40岁提高到70多岁,主要的功臣之一被认为是药物化学家,最重要的药物就是抗生素。

化学和医学的关系主要表现在以下几个方面。

(一)化学是研究人体内一切生理现象和病理现象的重要基础

人体本身就是一个复杂的化学系统,时刻都在发生着各种各样的化学反应。人体的各种组织是由蛋白质、脂肪、糖类、维生素、无机盐和水等上万种物质组成,这些物质由60多种化学元素构成。它们在人体中发生的化学变化引起生理上的变化。

(二)物质的化学结构及性质决定药物的作用和疗效

药物的主要作用是调整因疾病而引起机体的种种异常变化,抑制或杀死病原微生物,帮助机体战胜感染。为了准确使用药物,达到预防和治疗疾病的目的,就有必要对药物的组成成分、结构、理化性质以及它们在人体内发生的变化和作用有一定的了解。同时,医务人员进行药液的配制及消毒、药品的使用和保管等都需要利用化学知识和化学实验基本技能。

(三)化学原理和方法是诊断疾病的主要手段

化学在诊断疾病方面起着核心的作用。在临床上,经常运用化学原理和化学方法对各种人体组织和体液进行分析检验,为诊断疾病提供科学的依据。血液和尿液的检查是体检中不可缺少的常规项目,它就是医药化学家发明的。例如要确诊糖尿病,需要用化学方法测定尿液中葡萄糖、丙酮等的含量。

(四)通过化学方法研究并人工合成生物分子

1965年,我国的科学工作者用化学方法合成了世界上第一个具有生物活性的蛋白质——结晶牛胰岛素,这是我国科技人员在奋力攀登世界科学高峰,为祖国在基础医学研究方面争得的一项世界冠军。这一成果促进了生命科学的发展,开辟了人工合成蛋白质的时代。

三、医用化学的学习方法

中职化学学习与初中、高中学习有很大的差别。中职学习是内容多,课堂授课容量大,要求学生有较强的接受能力、独立思考能力和自学能力,同学们需要尽快适应新的要求,调整学习方法。首先,上课专心听讲,积极思考;课后认真阅读教材,加深理解,对大量的新知识及时消化吸收。其次,注意归纳对比,学会总结,在理解的基础上反复记忆,切忌死记硬背。再次,注意养成良好的自学习惯,为终身学习奠定扎实基础。要重视化学实验,实验是学习化学、体验化学和探究化学的重要途径。日常生活和医务工作中有很多化学现象,对它们观察、探究和思考,可以加深对化学原理的理解,开阔我们的眼界。成功的关键在于激发自己对身边的现象

产生兴趣,学习并逐步掌握科学的方法和养成良好的科学习惯。

讨论与思考

1. 化学的概念是什么?
2. 化学与医学有何联系?

(张彩霞)

第 2 章

物质结构和元素周期律

学习要点

1. 原子结构和性质的关系
2. 元素周期律和元素周期表
3. 化学键的概念及分类

物质的结构决定其性质。因此,认识物质的结构和构成物质的分子、原子、离子等粒子的组成,以及与物质性质的关系,是深入学习化学的基础。本章将在初中已学过的物质结构初步知识的基础上,进一步学习原子的组成和结构及其与元素性质的关系、元素周期律、化学键等方面的知识。

第一节 原子的组成和同位素

人类通过长期的科学研究和大量的科学实验验证得出:世界是由物质构成的,而物质是由分子、原子、离子等基本粒子组成。分子是由原子构成的,离子是带电的原子或原子团。

一、原子的组成

自然界的物质有几千万种,而构成这些物质的原子只有 400 多种。原子是由带正电的原子核和核外带负电的电子构成的。每个原子中原子核所带的正电量与核外电子所带的负电量相等,整个原子呈现电中性。

科学实验证明,原子核由质子和中子构成。每个质子带一个单位正电荷,中子不带电。因此,原子核的核电荷数由质子数决定。不同的元素含有不同的核电荷数,按核电荷数由小到大的顺序给元素编号,所得的序号称为元素的原子序数。故:

$$\text{原子序数} = \text{核电荷数} = \text{核内质子数} = \text{核外电子数}$$

例如:第 6 号元素碳,碳原子的核电荷数是 6,原子序数为 6,原子核内有 6 个质子,核外有 6 个电子。

构成原子的粒子及其性质见表 2-1。质子和中子的质量都很小,使用很不方便,科学上通

常用它们的相对质量,其近似整数值为 1。与质子和中子的质量相比,电子的质量更小,其相对质量可忽略不计。将每个原子核内所有的质子和中子的相对质量取近似整数值相加所得的数值,称为质量数。质量数用 A 表示,质子数用 Z 表示,中子数用 N 表示,显然:

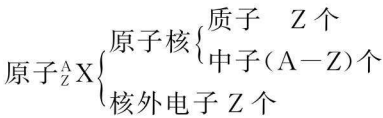
$$\begin{aligned} \text{质量数} &= \text{质子数} + \text{中子数} \\ A &= Z + N \end{aligned}$$

表 2-1 构成原子的粒子及其性质

构成原子的粒子	电子	原子核	
		质子	中子
电性和电量	一个电子带一个单位负电荷	一个质子带一个单位正电荷	不带电
质量(kg)	9.109×10^{-31}	1.673×10^{-27}	1.675×10^{-27}
相对质量	1/1836	1.007	1.008

相对质量是指相对 ^{12}C 原子质量的 $1/12$ (约 $1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$)相比较所得的数值

如以 ${}^A_Z\text{X}$ 代表一个质量数为 A,质子数为 Z 的原子,那么,组成原子的粒子间的关系可表示如下:



例如: ${}^{14}_6\text{C}$ 表示碳原子的质量数为 14,质子数为 6,中子数为 8,核外电子数为 6,碳元素的原子序数为 6。

化学反应中,原子失去电子成为阳离子,得到电子成为阴离子。因此,同种元素的原子与离子间的区别仅仅是核外电子数不同(表 2-2)。

表 2-2 几种原子和离子的组成

原子和离子	原子序数	质量数	质子数	中子数	核外电子数
${}^{37}_{17}\text{Cl}$	17	37	17	20	17
${}^{37}_{17}\text{Cl}^-$	17	37	17	20	18
${}^{23}_{11}\text{Na}$	11	23	11	12	11
${}^{23}_{11}\text{Na}^+$	11	23	11	12	10

重点提示

原子、分子和离子是构成物质的粒子,分子是由原子构成的,离子是原子失去或得到电子形成的,掌握原子的组成是学习物质结构的基础。元素符号左上角数字、左下角数字、右上角数字、右下角数字及正上方数字分别表示质量数、质子数、电荷数、原子个数和化合价。

二、同位素及应用

元素是具有相同核电荷数(即相同质子数)的同一类原子的总称。同种元素几种不同原子的质子数相同。如果同种元素原子的原子核内含有不同数量的中子时,可形成同种元素的多 种不同原子。如氢元素有 3 种不同的原子(表 2-3),显然是由于原子核内中子数不同引起的。这种质子数相同、中子数不同的同种元素的不同原子互称为同位素。

表 2-3 氢元素的 3 种不同原子的组成

符号	名称	俗称	质子数	中子数	核电荷数	质量数
${}^1_1\text{H}$	氕	氢	1	0	1	1
${}^2_1\text{H}$	氘	重氢	1	1	1	2
${}^3_1\text{H}$	氚	超重氢	1	2	1	3

大多数元素都有同位素。如碳元素有 ${}^{12}_6\text{C}$ 、 ${}^{13}_6\text{C}$ 和 ${}^{14}_6\text{C}$ 3 种同位素;钴元素有 ${}^{59}_{27}\text{Co}$ 和 ${}^{60}_{27}\text{Co}$ 两种同位素;碘元素有 ${}^{127}_{53}\text{I}$ 和 ${}^{131}_{53}\text{I}$ 两种同位素;铀元素有 ${}^{234}_{92}\text{U}$ 、 ${}^{235}_{92}\text{U}$ 和 ${}^{238}_{92}\text{U}$ 3 种同位素。同一种元素的各种同位素,其核电荷数、质子数、核外电子数相同,中子数和质量数不同,它们的物理性质有差异,而化学性质基本相同。

在天然存在的元素中,不论是化合态还是游离态,各同位素原子所占的百分比一般是不变的。通常所说的某种元素的相对原子质量,是按照各种天然同位素原子所占的百分比计算出来的相对原子质量。如氯元素在自然界中存在 ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ 和 ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ 两种同位素,相对原子质量分别为 34.97 和 36.96,其百分含量分别为 75.77% 和 24.23%,所以氯元素的近似相对原子质量是: $34.97 \times 75.77\% + 36.96 \times 24.23\% = 35.45$

同位素有有的是天然存在的,有的是人造的;有的稳定,有的具有放射性。

同位素 $\left\{ \begin{array}{l} \text{稳定性同位素} \\ \text{放射性同位素} \left\{ \begin{array}{l} \text{天然放射性同位素} \\ \text{人造放射性同位素} \end{array} \right. \end{array} \right.$

许多同位素,特别是放射性同位素,在工农业生产、科学研究和日常生活中具有重要的用途。利用放射性同位素在发生衰变或聚变过程中释放出的巨大能量,可制造核武器或用于发电,如 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$ 可用作制造氢弹和作热核反应堆的原料,用 ${}^{235}_{92}\text{U}$ 制造原子弹和作核反应堆的燃料;通过测定 ${}^{14}_6\text{C}$ 的含量,可推算出文物或化石的“年龄”;放射线很容易被灵敏的仪器检测,常用放射性同位素作示踪原子,如在农业肥料中加一些放射性同位素,就可知道某种作物在不同的生长期最需要含哪种元素的肥料;放射线能抑制和破坏细胞的生长活动,如用 ${}^{60}_{27}\text{Co}$ 照射马铃薯、洋葱、大蒜等,可抑制发芽、长霉并能延长保存期等。

放射性同位素在医药卫生中也有着广泛的应用。在药物中加入放射性同位素,可用于药物的吸收、代谢、作用机制的研究,以及疾病的诊断等。如 ${}^3_1\text{H}$ 用于脱氧核糖核酸和核糖核酸形成过程的研究,用 ${}^{131}_{53}\text{I}$ 被甲状腺吸收量来确定甲状腺的功能状态等;由于放射线具有很强的穿透能力,可用放射性同位素扫描来诊断脑、肝、肾、肺等病变;临床上还用放射线来治疗某些疾病和用于医疗器材的消毒,如用 ${}^{60}_{27}\text{Co}$ 远距离治疗机在体外照射来杀伤颅脑内、鼻咽部、肺、食管及淋巴系统等深部位的肿瘤。

三、原子核外电子排布的表示法

化学上常用不同的方式表示原子核外电子排布情况,比较简单的是原子结构示意图和电子式两种。

(一)原子结构示意图

原子结构示意图是用小圆圈加弧线的方式表示;小圆圈代表原子核,圆圈内的 $+Z$ 表示核电荷数(质子数);弧线表示电子层,弧线上的数字表示该电子层上的电子数。这种表示方法简单明了,图2-1为4种元素的原子结构。

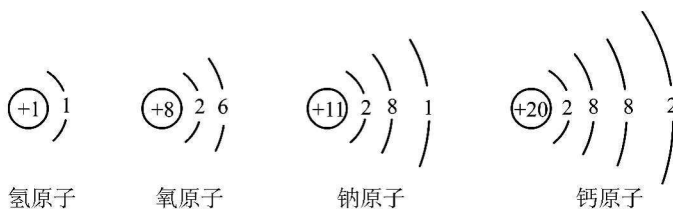


图 2-1 4 种原子结构

(二)电子式

电子式是用元素符号表示原子核和内层电子,并在元素符号周围用 $\cdot$ 或 $\times$ 表示原子最外层电子的化学式。第11~18号元素原子的电子式见图2-2。

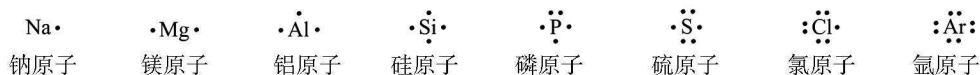


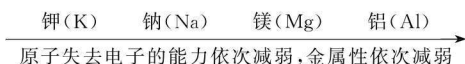
图 2-2 第 11~18 号元素原子的电子式

四、原子结构与元素性质的关系

元素的性质与原子的电子层结构,特别是与原子的最外层电子数的关系非常密切。例如,稀有气体除氦原子的最外层电子数为2个外,其余原子最外层电子数都是8个,它们的化学性质很稳定,通常很难与其他物质发生化学反应。所以,不论原子有几个电子层,一般认为最外层有8个电子(最外层是K层时有2个电子)的结构是一种相对稳定的结构。而其他元素的原子是一种不稳定的结构,都有失去电子或得到电子的倾向,使其最外层达到稳定结构。

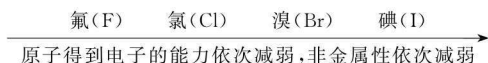
元素的金属性是指原子失去电子成为阳离子的趋势;元素的非金属性是指原子得到电子成为阴离子的趋势。

金属元素的原子最外层电子数通常少于4个,在化学反应中比较容易失去电子,使次外层成为最外层,达到8个电子的稳定结构。元素的原子失去电子越容易,则生成的阳离子越稳定,该元素的金属性就越强;反之越弱。如:



非金属元素的原子最外层电子数通常多于4个,在化学反应中比较容易得到电子,使最外

层变为 8 个电子的稳定结构。元素的原子得到电子越容易,则生成的阴离子越稳定,该元素的非金属性就越强;反之越弱。如:



第二节 元素周期律和元素周期表

一、元素周期律

自然界的所有客观事物都是互相联系和具有内部规律的。为了认识元素性质之间存在的规律性变化,将第 3~18 号元素原子的最外层电子数、原子半径、主要化合价以及元素的金属性和非金属性列成表 2-4。

表 2-4 第 3~18 号元素性质的周期性变化

原子序数	元素名称	元素符号	最外层电子数	原子半径 (10^{-10} m)	最高正化合价、 负化合价	金属性和非金属性
3	锂	Li	1	1.52	+1	活泼金属元素
4	铍	Be	2	0.89	+2	金属元素
5	硼	B	3	0.82	+3	不活泼非金属元素
6	碳	C	4	0.77	+4 -4	非金属元素
7	氮	N	5	0.75	+5 -3	活泼非金属元素
8	氧	O	6	0.74	-2	很活泼非金属元素
9	氟	F	7	0.71	-1	最活泼非金属元素
10	氖	Ne	8	—*	0	稀有气体
11	钠	Na	1	1.86	+1	很活泼金属元素
12	镁	Mg	2	1.60	+2	活泼金属元素
13	铝	Al	3	1.43	+3	金属元素
14	硅	Si	4	1.17	+4 -4	不活泼非金属元素
15	磷	P	5	1.10	+5 -3	非金属元素
16	硫	S	6	1.02	+6 -2	活泼非金属元素
17	氯	Cl	7	0.99	+7 -1	很活泼非金属元素
18	氩	Ar	8	—*	0	稀有气体

* 稀有气体元素的原子半径测定的依据与其他元素不同,数值不具有可比性,故不列出

仔细比较表中各元素的性质,可以发现,随着原子序数的递增,元素的各种性质都呈现出周期性变化,即每隔一定数目的元素之后,又出现了与前面元素性质相类似的元素。

(一)原子最外层电子数的周期性变化

从 3 号元素锂至 10 号元素氖,原子最外层电子数由 1 个递增至 8 个(由于 K 层最多为 2 个电子,所以氢与氦的原子最外层电子数分别为 1 个和 2 个),达到稳定结构;从 11 号元素钠至 18 号元素氩,原子最外层电子数也从 1 个递增至 8 个。若对 18 号以后的元素继续研究,同样发现,每隔一定数目的元素,也会重复出现原子最外层电子数从 1 个递增至 8 个的情况。后

面的元素,原子最外层电子数也有这样的变化趋势。因此可得出结论:随着原子序数的递增,元素原子的最外层电子数呈现周期性变化。

(二)原子半径的周期性变化

从表 2-4 中可看出,由锂到氟,随原子序数的递增,原子半径由大逐渐变小;再由钠到氯,随原子序数的递增,原子半径也由大逐渐变小。后面的元素,原子半径也有类似的变化趋势。因此可得出结论:随着原子序数的递增,元素原子的半径呈现周期性变化。

(三)元素化合价的周期性变化

从 11 号元素至 18 号元素,化合价的变化基本上延续了 3 号元素至 10 号元素的变化:最高正化合价由 +1 依次递增到 +7(氧、氟例外);非金属元素的负化合价由 -4 递变到 -1,且最高正化合价与负化合价的绝对值之和为 8;稀有气体元素的化合价为 0。18 号以后的元素的化合价也有相似的变化。因此可得出结论:元素的化合价随原子序数的递增而呈现周期性的变化。

(四)元素金属性和非金属性的周期性变化

从表中可看出,由锂至氖,由钠至氩,随着原子序数的递增,两组元素都是从活泼金属开始,金属性逐渐减弱,再逐步过渡至非金属,非金属性逐渐增强,到活泼的非金属,最后是稀有气体。18 号以后的元素,其金属性和非金属性也有类似的规律性变化。因此可得出结论:随着原子序数的递增,元素的金属性和非金属性呈现周期性变化。

综上所述,可归纳出结论:元素的性质随着原子序数的递增呈现周期性变化的规律称为元素周期律。

元素原子核外电子排布的周期性变化是元素性质周期性变化的实质。因此,元素周期律深刻地揭示了原子结构和元素性质的内在联系。必须指出的是,元素性质的周期性变化,并不是简单地和机械地重复,而是一种循环的递进的变化。

二、元素周期表

对目前已确认的 112 种元素,根据元素周期律,先把电子层数相同的元素,按原子序数递增的顺序从左到右排成横行,再将不同横行中最外层电子数相同和性质相似的元素,按电子层数递增的顺序由上而下排成纵列,制成的一张元素表称为元素周期表(彩图)。

元素周期表是元素周期律的具体表现形式,反映了元素间相互联系及发展变化的规律,是学习化学及有关学科的重要工具。

(一)元素周期表的结构

1. 周期 周期表中共有 7 个周期,一个横行称为一个周期。把具有相同的电子层数又根据原子序数递增顺序排列的一组元素称为一个周期。依次用阿拉伯数字 1,2,3……7 表示。周期序数等于该周期元素原子具有的电子层数。

各周期元素的数目不完全相同。第 1 周期只有 2 种元素,第 2 周期和第 3 周期各有 8 种元素,第 4 周期和第 5 周期各有 18 种元素,第 6 周期有 32 种元素,第 7 周期目前只有 26 种元素,还未填满。第 1、2、3 周期含元素数目较少称为短周期,第 4、5、6 周期含元素数目较多称为长周期,未填满的第 7 周期称为不完全周期。

第 6 周期中,从 57 号元素镧(La)至 71 号元素镥(Lu),总计 15 种元素,它们原子的电子层结构和性质十分相似,总称为镧系元素。第 7 周期中,从 89 号元素锕(Ac)至 103 号元素铹

(Lr), 总计 15 种元素, 它们原子的电子层结构和性质也十分相似, 总称为镧系元素。为使周期表的结构紧凑, 将全体镧系元素和镧系元素分别按周期各放在同一格内, 并按原子序数递增的顺序, 把它们分两行另列在表的下方。

2. 族 周期表中共有 16 个族。在周期表中有 18 个纵行, 除第 8、9、10 三个纵行总标为一个族外, 其余 15 个纵行, 各标为一个族。族的序数用罗马数字 I、II、III 等表示。

(1) 主族: 由短周期元素和长周期元素共同构成的族, 称为主族。共有 7 个主族。主族元素的族序数用 A 标明, 如 I A、II A……VII A。主族序数等于该主族元素原子的最外层电子数。

(2) 副族: 完全由长周期元素构成的族, 称为副族。共有 7 个副族。副族元素的族序数用 B 标明, 如 I B、II B……VII B。

(3) 第 VIII 族: 第 8、9、10 纵行在周期表中构成的一个族, 称为第 VIII 族。全部由长周期元素构成, 共有 9 种元素。

元素周期表中部的第 VIII 族和全部副族元素, 共计 60 多种元素, 通称为过渡元素。这些元素都是金属, 所以又把它们称为过渡金属元素。

(4) 0 族: 由稀有气体元素构成的族, 称为 0 族。这些元素原子的最外层电子结构为稳定结构, 化学性质很不活泼, 一般难以和其他物质发生化学反应, 它们的化合价通常为 0 价, 因此称为 0 族。

重点提示

元素周期表的结构要掌握 7 个周期中有 3 个短周期、3 个长周期和 1 个不完全周期, 16 个族中有 7 个主族、7 个副族、1 个第 VIII 族和 1 个 0 族; 掌握周期序数与电子层数的关系及主族序数与最外层电子数的关系。

(二) 元素的性质与元素在周期表中位置的关系

元素在周期表中的位置, 决定了该元素的原子结构和一定的性质。所以, 可根据某元素在周期表中的所处位置, 推测它的原子结构和某些性质。下面以元素的金属性和非金属性为例, 来说明周期表中元素的性质及递变规律。

元素金属性的强弱, 可从其单质跟水或酸反应置换出氢气的难易程度, 以及它的最高价氧化物的水化物——氢氧化物的碱性强弱来判断。而元素非金属性的强弱, 可从其单质跟氢气生成气态氢化物的难易程度以及氢化物的稳定性, 以及它的最高价氧化物的水化物——含氧酸的酸性强弱来判断。

1. 同周期元素性质的递变规律 在同一周期中, 各元素原子的核外电子层数相同, 而从左至右, 核电荷数依次增多, 原子半径逐渐减小, 失电子能力逐渐减弱, 得电子能力逐渐增强。故得出结论: 同周期元素从左到右, 金属性逐渐减弱, 非金属性逐渐增强。这个结论可从第 3 周期(11~18 号)元素性质的递变中得到证明。

(1) 第 11 号元素钠是非常活泼的金属元素。

【实验 2-1】 取一个盛有少量水的小烧杯, 用镊子取金属钠约绿豆大 1 块, 用滤纸吸干表面的煤油, 放入烧杯后, 观察现象。向反应后的溶液中加入 2 滴酚酞试液, 仔细观察颜色变化。

实验表明, 金属钠与冷水可剧烈反应, 钠粒熔化成液态, 变成小球, 受到生成氢气的推动在